

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2001年10月4日 (04.10.2001)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/72479 A1

(51) 国際特許分類⁷: B25J 15/08, F15B 15/18

(21) 国際出願番号: PCT/JP01/01660

(22) 国際出願日: 2001年3月2日 (02.03.2001)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2000-89581 2000年3月28日 (28.03.2000) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION) [JP/JP]; 〒163-0811 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 濱戸 毅 (SETO, Takeshi) [JP/JP]. 高城邦彦 (TAKAGI, Kunihiko) [JP/JP]; 〒392-8502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP).

(74) 代理人: 上柳雅吾, 外 (KAMIYANAGI, Masataka et al.); 〒392-8502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社 知的財産室内 Nagano (JP).

(81) 指定国(国内): CN, JP, US.

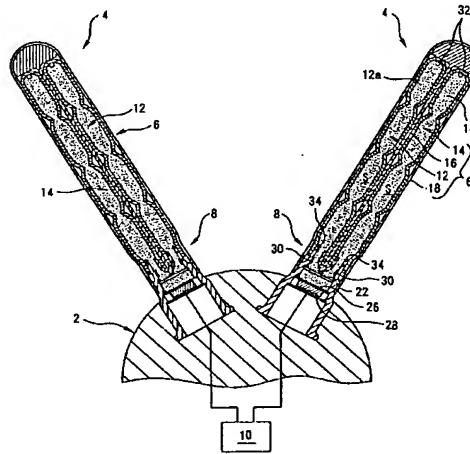
(84) 指定国(広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイドスノート」を参照。

(54) Title: PUMP-INTEGRATED FLEXIBLE ACTUATOR

(54) 発明の名称: ポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ



WO 01/72479 A1

(57) Abstract: Flexible actuators (4) formed of a pair of actuators, each having a base end part supported by a hard rubber fixed part (2), comprising a movable part (6) performing a curving operation, a pump part (8) connected integrally with one end side of the movable part (6) and movably controlling the hydraulic oil sealed in the movable part, and a pump driving part (10) drivingly controlling the pump part (8), the movable part (6) further comprising two slender tubes (12) and (14) having a bellows-shaped wall surface, a core material (16) holding the parallel arrangement of these tubes, and a thin film bag-shaped covering member (18) covering the outer peripheral surfaces of the tubes (12) and (14), wherein the tube (12) in contact with an objective (B) is formed of a soft material, and the movable part having the tube (12) comes in contact softly with the objective with a plurality of application points provided in surface contact state, whereby the objective can be held without being subjected to a damage.

[統葉有]

WO 01/72479 A1



(57) 要約:

本発明のフレキシブルアクチュエータ4は、硬質ラバー製の固定部2に基端部が支持されている一対のアクチュエータであり、湾曲動作を行う可動部6と、この可動部6の一端側に一体に連結して可動部内に封入されている作動油の移動制御を行うポンプ部8と、このポンプ部8の駆動制御を行うポンプ駆動部10とを備えている。そして、可動部6は、蛇腹形状の壁面を有する2つの細長形状のチューブ12、14と、これらチューブの並列配置を保持している心材16と、チューブ12、14の外周を覆っている薄膜袋状の被覆部材18とを備えている。対象物Bに接触するチューブ12は柔軟な素材で形成されており、このチューブ12を備えた可動部6がソフトに複数の面接触状態の作用点を設けた状態で対象物に接触し、対象物を傷付けずに把持することができる。

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

- 1 -

明細書

ポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ

技術分野

5 本発明は、人間に接触する機会の多いペットロボットや、農作業において不定形で壊れやすい果実などを把持する作業用ロボット等に使用可能なポンプ一体型フレキシブルアクチュエータに関する。

背景技術

10 対象物を把持するアクチュエータとしては、例えば、特開平5-172118号公報、特開平5-164112号公報などに記載されているように、内部を複数の圧力室に区分した筒状弾性体を備え、各圧力室へ作用する流体圧を調整して筒状弾性体を湾曲変形し、対象物を把持又は押圧するアクチュエータが知られている（以下、第1の従来技術と称する）。

15 また、第1の従来技術と異なるアクチュエータとして、例えば、特開平2-17204号公報に記載されているように、駆動源とポンプとが液圧シリンダに一体化して組み込まれたアクチュエータも知られている（以下、第2の従来技術と称する）。

20 第1の従来技術のアクチュエータは筒状弾性体が柔らかいので、人間や対象物にソフトに接触することができる。

しかし、このアクチュエータは、作動流体を供給するポンプや、各圧力室に流体を送り込む配管を筒状弾性体の外部に配置しなければならないので、大型の装置構成となるおそれがある。また、例えば、このアクチュエータでロボットの腕を構成しようとすると、配管がロボットの関節の動きを阻害してしまうおそれがある。そのため、生き物のような精巧な動きを要求すると、多くのセンサや複雑な機構を設けなければならず、ペットロボット等に適用することは難しい。

また、配管やポンプが外部に露出しない第2の従来技術のアクチュエー

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

・2・

タも、ピストンロッド等の駆動部が硬く、人間や対象物にソフトに接触しないので、ペットロボットや果実などを把持する農作業用ロボットに適用することはむずかしい。

本発明は、小型軽量化を図り、簡便な装置構成とするとともに、ペットロボットとして使用する場合には人間にソフトに接触し、農作業ロボットとして利用する場合には対象物を確実に把持することができるポンプ一体型フレキシブルアクチュエータを提供することを目的とする。

発明の開示

10 本発明に係るポンプ一体型フレキシブルアクチュエータは、流体を封入した少なくとも2つの流体室を具備し、これら流体室間の流体移動を行うことで前記流体室形状が変形して動作する可動部と、この可動部に一体に連結し、前記複数の流体室間の流体移動を行うポンプ部と、このポンプ部の駆動を制御するポンプ駆動部とを備えた装置とした。また、前記可動部は、流体を封入した少なくとも2つの流体室を並列に配置していてもよい。この発明によると、簡便な構造で可動部が作動する小型のアクチュエータを得ることができる。

前記可動部は、流体を収容した内部を流体室とした変形自在な細長形状のチューブを少なくとも1つ配置し、前記チューブに並列して、前記チューブの長手方向の膨張を規制する可撓性の心材を介在した構成とするのが望ましい。また、前記可動部を、流体を収容した内部を流体室とした膨張・収縮自在な細長形状のチューブを少なくとも2つ互いに並列に配置し、これらチューブの間に各チューブの長手方向の膨張を規制する可撓性の心材を介在した構成としてもよい。この発明によると、心材が各チューブの長手方向の膨張を規制し、幅方向の膨張のみを許容するように自身が撓みながらチューブを保持しているので、生き物のように可動部を確実に変形させることができる。

前記可動部が対象物に対して押圧力を作用したり把持力を作用するとき

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 3 ·

には、前記対象物に接する側の前記チューブを、柔軟な弹性素材で形成することが望ましい。この発明によると、柔軟な素材のチューブがソフトに複数の面接触状態の作用点を設けた状態で対象物に接触するので、対象物を傷付けずに押圧したり把持することができる。

5 前記ポンプ部を、柔軟な素材で被覆すると、固い部分が外部に露出しないので、さらに安全なアクチュエータとなる。

前記流体室に封入されている流体を液体とし、前記可動部の外周を液体吸收機能を有する外周被覆部材で被覆することが望ましい。この発明によると、若しも、可動部内から液体が漏れても外周被覆部材が吸収して外部

10 に漏出することがない。

前記複数の流体室のうちの所定の流体室の内圧が異常に上昇したときに、全ての流体室の間を連通して前記所定の流体室の内圧を下げる減圧機構を備えることが望ましい。この発明によると、若し、可動部に過大な外力が加わって複数の流体室の何れかの圧力が異常に上昇しても、減圧機構により圧力が上昇した流体内を減圧し、流体室の破裂を防止するので、過大な外力の付加に対する可動部のフェールセーフ機構を備えることができる。

前記心材を、前記ポンプ部と前記ポンプ駆動部との間に接続した信号線又は電気配線により構成することが望ましい。この発明によると、信号線及び電気配線の損傷を防止し、感電等も防止することができる。

20 液体を封入した前記可動部内に、前記液体と接触する前記ポンプ駆動部を配設することが望ましい。この発明によると、ポンプ駆動部で発生する熱を液体が奪ってポンプ駆動部を冷却することができるとともに、ポンプ駆動部を可動部内に配設したことで、さらにコンパクトなアクチュエータが得られる。

25 一定量の流体を溜めたりザーバ室と、このリザーバ室の前記流体を前記可動部の各流体室にそれぞれ供給制御する供給手段とを設けることが望ましい。この発明によると、供給手段の作動によりリザーバ室の流体を流体室に供給して内圧を高めることで可動部が硬直する。これにより、例えば

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 4 ·

ペットロボットの部品として使用するときに、ポンプ部の作動による変形動作とは別に、ペットロボットが緊張している状態を表現することができる。

前記可動部の長手方向の両端部に 2 つの前記ポンプ部を一体に連結し、
5 これらポンプ部で前記複数の流体室間の流体移動を同時に行うようとする
ことが望ましい。この発明によると、可動部は、2 つのポンプ部によって
複数の流体室間の流体移動を行うので、可動部の変形動作速度を早くして
機敏な動きを行うアクチュエータとすることができます。

一対の可動部を直列に接続するときに、一方の可動部のポンプ部及び他
10 方の可動部のポンプ部どうしが接続部となるように、これらポンプ部に着
脱自在な接続部を形成することが望ましい。この発明によると、ワンタッ
チ操作で一対のフレキシブルアクチュエータの装着、取り外しを行うこと
ができる、分解が容易な装置となる。

前記ポンプ部は、前記可動部の端部との間にポンプ流体室を画成してい
15 るダイヤフラムを備えたり、このダイヤフラムに圧電素子を積層したり、
前記ポンプ流体室を介した一方のチューブの流体室及び他方のチューブの
流体室の流体移動方向を設定するバルブ部とを備えていることが望ましい。

これらの発明によると、小型のポンプとなるので、さらにコンパクトで
軽量なアクチュエータとなる。

20 前記ポンプ部を、前記流体室の数と同数の一方向流れ方式ポンプで構成
し、各流体室を、室内的流体を他の流体室に移動させる一方向流れ方式ポンプと、他の流体室から前記室内に流体を移動してくる別の一方向流れ方式ポンプとに連通するようにしてもよい。この発明は、簡単な構造の一方向流れポンプのみで、両方向流れポンプや方向切換バルブを具備するポン
25 プと同様な双方向の動作が可能なアクチュエータを提供することができる。

前記複数の流体室のそれぞれに圧力センサを配設する一方、前記ポンプ
駆動部は、前記圧力センサの検出結果に基づいて現在の前記可動部の動作
力を演算し、前記ポンプ部の駆動を制御することが望ましい。この発明に

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

・5・

よると、流体室の流体を圧力センサが検知し、この圧力情報に基づいて可動部が最適な動作力で動くように制御しているので、高精度に可動部を動作させることができる。

前記複数の流体室内で音波を発生する音波発生器と、前記音波を検出す
5 音波センサを配設する一方、前記ポンプ駆動部は、前記音波センサの検出結果に基づいて現在の前記可動部の変位量を演算し、前記ポンプ部の駆動を制御するようになるとが望ましい。この発明によると、流体室内で発生している音波伝達時間若しくは音波位相を音波センサが検知し、これらの情報に基づいて可動部が最適な変位で動くように制御しているので、
10 高精度に可動部を動作させる。

前記ポンプ部は、ポンプ流体室を画成しているダイヤフラムを具備し、一定電圧を付加した前記ダイヤフラムに圧力が加わったときに発生する電流変化を前記ポンプ駆動部に入力し、当該ポンプ駆動部は、電流変化の検出結果に基づいて現在の前記可動部の動作力を演算し、前記ポンプ部の駆動を制御することが望ましい。また、前記ポンプ部は、ポンプ流体室を画成しているダイヤフラムを具備し、前記複数の流体室に、前記ダイヤフラムで発生する音波を検出する音波センサを配設する一方、前記ポンプ駆動部は、前記音波センサの検出結果に基づいて現在の前記可動部の変位量を演算し、前記ポンプ部の駆動を制御するようにしてもよい。
15

この発明によると、ダイヤフラムを利用して可動部の動作力及び変位を制御するようにしているので、簡便な制御機構を提供できる。
20

前記ポンプ駆動部は、検出した音波及び圧力から前記可動部の動作力及び変位を演算するテーブルを有することが望ましい。この発明によると、可動部が外部に対して動作力を作用する場合と、可動部が外部に対して動作力を作用していない場合とでは、音波センサが検出する音波伝達時間若しくは音波位相が異なる値を示すので、ポンプ駆動部が、検出した音波及び圧力から可動部の動作力及び変位を演算するテーブルを備えるようにしたことで、ポンプ駆動部は、前記テーブルを参照して可動部が動作力を作
25

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 6 ·

用していない場合、或いは作用している場合に最適な変位となるように可動部を制御することができ、また、逆にどのような変位の状態においても動作力を一定に制御することも可能となる。

また、前記可動部の互いに対向する位置に、発光部及び受光部、若しくは、受発光部及び反射部を配設し、前記受光部、若しくは前記受発光部の検出結果に基づいて現在の前記可動部の動作力を演算し、前記ポンプ部の駆動を制御することが望ましい。

この発明によると、発光部及び受光部、若しくは、受発光部及び反射部を利用して可動部の動作力及び変位を制御するようにしているので、簡便な制御機構を提供できる。

さらにまた、前記ポンプ駆動部は、前記受光部、若しくは前記受発光部が検出した光量から前記可動部の動作力及び変位を演算するテーブルを有することが望ましい。

この発明によると、ポンプ駆動部が検出した光量から可動部の動作力及び変位を演算するテーブルを備えるようにしたことで、ポンプ駆動部は、前記テーブルを参照して可動部が動作力を作用していない場合、或いは作用している場合に最適な変位となるように可動部を制御することができる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明に係る農作業用の疑似指を構成する第 1 実施形態のフレキシブルアクチュエータを示す図である。図 2 は、第 1 実施形態のポンプ部及びポンプ駆動部の詳細を示す図である。図 3 は、第 1 実施形態のアクチュエータの動作を示す図である。図 4 は、本発明に係るペットロボットを構成する第 2 実施形態のフレキシブルアクチュエータを示す図である。図 5 は、第 2 実施形態の変形例を示す概略図である。図 6 は、本発明に係る第 3 実施形態の横断面図を示す図である。図 7 は、本発明に係る第 4 実施形態の要部を示す図である。図 8 は、本発明に係る第 5 実施形態のフレキシブルアクチュエータの縦断面図を示す図である。図 9 は、第 5 実施形

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

·7·

態の構成部材であるチューブを示す図である。図10は、図8のX-X線矢視図である。図11は、第5実施形態を心材側から示した図である。図12は、第5実施形態のフレキシブルアクチュエータは変形している状態を示す図である。

5

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明に係るポンプ一体型フレキシブルアクチュエータの実施形態を図面を参照して説明する。

図1は、軟質ラバー製の固定部2に基端部が支持されている農作業用の10疑似指を構成している第1実施形態としての一対のフレキシブルアクチュエータ4を示すものである。

一対のフレキシブルアクチュエータ4は、対象物を把持するように湾曲動作が可能な可動部6と、この可動部6の一端側に一体に連結しており、可動部6内に封入されている流体としての低粘度の作動油の移動制御を行うポンプ部8と、このポンプ部8の駆動制御を行うポンプ駆動部10とを備えている。可動部6は、蛇腹形状の壁面を有する2つの細長形状のチューブ12、14と、これらチューブ12、14の並列配置を保持している心材16と、チューブ12、14の外周を覆っている薄膜袋状の被覆部材18とを備えている。

20 チューブ12、14は柔軟な弹性素材で形成されており、内部を流体室12a、14aとして液状シリコン等の作動油Sを封入している。また、心材16は、例えば可撓性を有するスチール製の部材であり、各チューブ12、14の長手方向の膨張を規制しながら幅方向の膨張のみを許容している。ここで、図2の可動部6とポンプ部8との要部拡大図で示すように、心材16の端部には、通常は閉鎖しているスリット16aが形成されている。このスリット16aは、心材16の弹性で常時は閉塞しているが、一定以上の圧力が発生すると開放して流体室12a、14aを連通し、流体室12a、14aを許容圧を下回る圧力に減圧するようになっている。

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

·8·

ポンプ部 8 は、ピエゾ式ダイヤフラムポンプを採用している。すなわち、このポンプ部 8 は、図 2 にも示すように、液密を保持して可動部 6 の下部に一体に連結している筒形状のポンプ部ケース 20 と、各チューブ 12、14 の流体室 12a、14a を仕切ってポンプ部ケース 20 内に配設されているバルブ部としての能動バルブ 22 と、能動バルブ 22 の下方空間にポンプ流体室 24 を構成しているダイヤフラム 26 と、このダイヤフラム 26 の下面に積層されているピエゾ素子(圧電素子) 28 とを備えている。

ポンプ部ケース 20 は、軟質ラバー製とした固定部 2 内に埋め込まれている。また、ピエゾ素子 28 は、いわゆる圧電効果を有する素子からなる公知の圧電アクチュエータである。圧電効果を有する材料には、水晶から高分子まで各種のものがあるが、圧電アクチュエータの材料としては圧電セラミックスの一種であるチタン酸ジルコン酸鉛 (P Z T) が代表的である。このピエゾ素子 28 に印加する電圧を変化させることでピエゾ素子 28 を伸長させ、これによりダイヤフラム 26 を形状変化させてポンプ流体室 24 の内圧を変化させる。

能動バルブ 22 は、2つの流体室 12a、14a 間の作動油 S の流体移動方向を設定する例えばソレノイド式切替弁を備えた装置であり、後述するポンプ駆動部 10 から送られてくる開閉制御電流によって作動する。

ここで、各チューブ 12、14 には、流体室 12a、14a の液圧を検知する圧力センサ 30 が配設されており、それら液圧の検知情報が、隨時、ポンプ駆動部 10 に送られるようになっている。

また、図 1 に示すように、流体室 12a、14a の先端部には、音波発生器 32 が配設されているとともに、ポンプ部ケース 20 の流体室 14a、14a 側には、音波発生器 32 で発信した音波を受信する音波センサ 34 が配設されている。そして、この音波センサ 34 で受信した音波が、隨時、ポンプ駆動部 10 に送られるようになっている。

一方、ポンプ駆動部 10 は、図 2 に示すように、圧力センサ 30、音波センサ 32 からの検出信号を各検出値として読み込むための入力インタフ

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

·9·

エース回路 10 a と、所定のプログラムにしたがってポンプ部 10 を駆動制御するための所定の演算処理を行う演算処理装置 10 b と、RAM、ROM 等の記憶装置 10 c と、演算処理装置 10 b で得た能動バルブ 22 の開閉制御信号及びピエゾ素子 28 の電圧制御信号を出力する出力インタフェース回路 10 d と、出力インタフェース回路 10 d から出力した開閉制御信号に基づいて能動バルブ 22 に開閉制御電流を出力する能動弁駆動回路 10 e と、出力インタフェース回路 10 d から出力した電圧制御信号に基づいてピエゾ素子 28 に端子電圧を出力する端子電圧制御回路 10 f を備えている。

ここで、記憶装置 10 c には、流体室 12 a、14 a の液圧の変化に応じて発生する可動部 6 の動作力（可動部 6 が対象物を把持するときの力）の変動値が記憶テーブルとして記憶されている。また、音波伝達時間若しくは音波位相の変化に対応した可動部 6 の変位量（可動部 6 が湾曲変形する度合い）も記憶テーブルとして記憶されている。そして、演算処理装置 10 b は、前述した記憶テーブルを参照してポンプ部 10 を駆動制御するための所定の演算処理を行うようになっている。

次に、図 3 は、上記構成の一対のフレキシブルアクチュエータ 4 を使用して不定形で壊れやすい果実（以下、略球形状の対象物 B と称する）を把持している状態を示す図であるが、この図 3 と前述した図 1 及び図 2 を参照して、一対のフレキシブルアクチュエータ 4 の動作について簡単に説明する。なお、一対のフレキシブルアクチュエータ 4 の各可動部 6 は、対象物 B に接する側に流体室 12 a を有するチューブ 12 が配置されているものとする。また、ポンプ駆動部 10 の記憶装置 10 c には、対象物 B を確実に把持できる可動部 6 の動作力の目標値 M と、可動部 6 の変位量の目標値 H が予め記憶されているものとする。

ポンプ駆動部 10 から出力する開閉制御電流により、所定時間毎に、流体室 12 a 及びポンプ流体室 24 の連通状態と、流体室 14 a 及びポンプ流体室 24 の連通状態とを繰り返すように能動バルブ 22 の開閉制御を行

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 10 ·

う。これと同時に、流体室 14a 及びポンプ流体室 24 が連通状態となつてているときに、ポンプ駆動部 10 から出力する端子電圧によりピエゾ素子 28 を伸長させ、ダイヤフラム 26 を下側に弾性変形させてポンプ流体室 24 の内圧を下げることで、ポンプ流体室 24 内に流体室 14a 内の作動油 S を流入させる。また、流体室 12a 及びポンプ流体室 24 が連通状態となっているときに、ポンプ駆動部 10 からの端子電圧の出力を停止し、ダイヤフラム 26 を弾性復帰させてポンプ流体室 24 の内圧を上げ、それによりポンプ流体室 24 内の作動油 S を流体室 12a 内に流入させる。この動作をポンプ部 8 が繰り返して、対象物 B に接していないチューブ 14 の流体室 14a から対象物 B に接するチューブ 12 の流体室 12a に作動油 S を移動させることで、対象物 B に接していないチューブ 14 が収縮し、対象物 B に接するチューブ 12 が膨張していく。

そして、チューブ 12 は、心材 16 により長手方向の膨張が規制されているので、心材 16 を曲げながら幅方向に膨張していく、可動部 6 が湾曲変形していく。

湾曲変形していく可動部 6 は、図 3 に示すように、チューブ 12 の側部が、被覆部材 18 を介しながら複数の面接触状態の作用点（力を加える位置）を設けた状態で徐々に対象物 B を把持していく。

この際、演算処理装置 10b は、圧力センサ 30 から随時検出されてくるチューブ 12 の流体室 12a の液圧と、流体室 12a 内の音波センサ 34 が受信した音波伝達時間若しくは音波位相の値を記憶テーブルに参照することで、その時点での動作力と変位を求める。この場合の動作力は、把持力と等しい。例えば、果物等を把持する場合には、ある適当な把持力を基本とし、大きな物はやや強く、小さな物はやや弱く把持するように目標値が設定されているとする。対象物の把持動作では、対象物に接触してから急速に動作力が大きくなっていく。従って、対象物に接触したときの変位から把持力 = 動作力の目標値 M を求め、さらに動作力を目標値 M に至るまでポンプ部 8 を動作すれば目的とした把持動作ができる。上記構成の

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 11 ·

フレキシブルアクチュエータ4によると、可動部6と、ピエゾ式ダイヤフラムポンプを採用したポンプ部8とが一体に連結した構造としたので、コンパクトで軽量なアクチュエータを提供することができる。

また、可動部6を構成している心材16は、各チューブ12、14の長手方向の膨張を規制し、幅方向の膨張のみを許容するように自身が捲みながらチューブ12、14の並列配置を保持しているので、人間の指のように可動部6を確実に湾曲変形させることができる。

また、対象物Bに接触するチューブ12は柔軟な素材で形成されており、このチューブ12を備えた可動部6がソフトに複数の面接触状態の作用点10を設けた状態で対象物Bに接触し、対象物Bを傷付けずに把持することができる。

また、ポンプ部8も、ポンプ部ケース20が軟質ラバー製の固定部2内に埋め込まれているので、固い部分が外部に露出せず、さらに安全に対象物Bを把持することができる。

そして、若し、可動部6に過大な外力が加わって流体室12a、14aの一方の圧力が異常に上昇しても、心材のスリット16aを設けた位置が開放して流体室12a、14aどうしの連通により流体室12a、14a内を減圧し、チューブ12、14の破裂を防止するので、過大な外力に対する可動部6のフェールセーフ機構を備えることができる。

さらに、流体室12a、14aの液圧を圧力センサ30が検知し、流体室12a、14a内で発生している音波伝達時間若しくは音波位相を音波センサ34が検知し、これらの情報に基づいて、可動部6が最適な力（動作力）で、最適な湾曲変形の度合い（変位量）で対象物Bを把持するように制御しているので、高精度に可動部6を動作させることができる。

次に、図4に示すものは、例えばベットロボット等に使用する第2実施形態の一対のフレキシブルアクチュエータ40を示すものである。なお、第1実施形態で示したフレキシブルアクチュエータ4と同一構成部分には、同一符号を付してその説明を省略する。

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 12 ·

本実施形態は、直列に連結した一対のフレキシブルアクチュエータ40であり、各フレキシブルアクチュエータ40は、可動部6と、この可動部6の両端部に連結している1対のポンプ部8A、8Bと、これらポンプ部8の駆動制御を行うポンプ駆動部10とを備えている。

5 可動部6は、2つの細長形状のチューブ12、14の並列配置を保持している心材42と、液を吸収することができる高分子ポリマーにより形成されており、柔軟な性質を有してチューブ12、14の外周を覆っている被覆部材44とを備えている。

10 ポンプ部8A、8Bは、第1実施形態のポンプ部8と略同一形状の装置であるが、筒形状のポンプ部ケース46A、46Bの形状が第1実施形態と異なっている。すなわち、一方のポンプ部ケース46Aには、内周部に環状凹部48が形成されているとともに、他方のポンプ部ケース46Bに、軸方向外方に突出する爪50が形成されている。そして、一方のフレキシブルアクチュエータ40のポンプ部8Aに、他方のフレキシブルアクチュエータ40のポンプ部8Bを対向させ、ポンプ部ケース46Bの爪部51を、内側に弹性変形させながら一方のポンプ部ケース46A内に入れて弹性復帰させて環状凹部48に係合させることで、一方のフレキシブルアクチュエータ40のポンプ部8Aと他方のフレキシブルアクチュエータ40のポンプ部8Bとが接続する。ここで、ポンプ部8A及びポンプ部8Bの接続部は、ポンプ駆動部10と各ポンプ部8A、8Bとを接続している信号配線及び電気配線のコネクタ部となっている。また、環状凹部48及び爪部51が、ワンタッチ操作で一対のフレキシブルアクチュエータ40を装着、又は取り外しができるリリースボタンとなっている。そして、これらポンプ部ケース46A、46Bの外周が、前述した被覆部材44で覆われている。

20

25

また、本実施形態の心材42は、前述した複数の信号線及び電気配線で構成されている。これら信号線及び電気配線は可撓性を有する部材であり、各チューブ12、14の長手方向の膨張を規制しながら幅方向の膨張のみ

· 13 ·

を許容している。そして、各可動部 6 の流体室 12a、14a には、第 1 実施形態のように圧力センサや音波発生器が配設されておらず、一方のポンプ部 8B 側にのみ音波センサ 34 が配設されている。そして、この音波センサ 34 で受信した音波が、隨時、ポンプ駆動部 10 に送られるよう 5 になっている。

本実施形態のポンプ駆動部 10 は、ポンプ部 8 を構成しているダイヤフラム 26 を利用して可動部 6 の動作力及び変位量を制御している。

すなわち、ダイヤフラム 26 に圧力が加わると電圧に対して電流波形が変化するので、一定電圧を附加したダイヤフラム 26 で発生する電流変化 10 の信号をポンプ駆動部 10 の入力インターフェース回路 10a に入力している。そして、記憶装置 10c に、電流波形の変化に応じて発生する可動部 6 の動作力の変動値が記憶テーブルとして記憶しておき、演算処理装置 10b は、電流波形と可動部 6 の動作力の記憶テーブルを参照してポンプ部 10 を駆動制御するための所定の演算処理を行うよう 15 している。

また、ダイヤフラム 26 が作動する際には音波が発生する。本実施形態では、このダイヤフラム 26 の音波を音波センサ 34 が受信する。そして、記憶装置 10c に記憶している音波伝達時間若しくは音波位相及び可動部 6 の変位量の記憶テーブル参照して演算処理装置 10b がポンプ部 10 を 20 駆動制御するための所定の演算処理を行うよう 10 している。このように、ダイヤフラム 26 に圧力が加わり、しかもダイヤフラム 26 から音波が発生することで、可動部 6 の動作力及び変位を制御している。

次に、上記構成の一対のフレキシブルアクチュエータ 40 の動作について説明する。

ポンプ駆動部 10 から各フレキシブルアクチュエータ 30 の 1 対のポンプ部 8A、8B に対してポンプ駆動部 10 から開閉制御電流、端子電圧を 25 出力する。これにより、各可動部 6 の流体室 12a、14a 間の作動油 S の流体移動が発生し、各可動部 6 が湾曲変形していく。

この際、演算処理装置 10b は、ダイヤフラム 26 で発生する電流変化

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

・14・

と、ダイヤフラム 26 が発生した音波を受信した音波センサ 34 からの音波伝達時間若しくは音波位相の値を記憶テーブルに参照することで、その時点での可動部 6 の動作力と変位を求める。

そして、可動部 6 の動作力が目標値 M となり、同時に、可動部 6 の変位 5 量が目標値 H となった時点で、ポンプ部 8A、8B の作動を停止する。

上記構成のフレキシブルアクチュエータ 40 によると、例えばベットロ ポットの腕に採用する場合には、人間に触っていることにより生じる抵抗 力があつても無くても目標値 M まで変位するが、人間に怪我をさせる等の 危険をさけるため、目標の変位に達する前に、ある一定値に動作力が達し 10 たら、ポンプ部 8A、8B の作動を停止することができる。

また、各可動部 6 は、一対のポンプ部 8A、8B によって流体室 14a 及び流体室 12a の間の作動油 S の流体移動を行っているので、可動部 6 の湾曲動作速度を早くして機敏な動きをするフレキシブルアクチュエータ 40 とすることができます。

15 また、ポンプ駆動部 10 と各ポンプ部 8A、8B とを接続している信号 線及び電気配線を、可動部 6 の心材 42 として可動部 6 の内部に配設した ので、それら信号線及び電気配線の損傷を防止し、感電等も防止するこ とができる。

また、可動部 6 とともにポンプ部 8A、8B の外周は、柔軟な被覆部材 20 44 で覆われているので生き物のようにソフトな感触のフレキシブルアク チュエータ 40 となる。また、被覆部材 44 は高分子ポリマーにより形成 されているので、若し、チューブ 12、14 内から作動油 S が漏れても被 覆部材 44 が吸収して外部に漏出することがない。

また、フレキシブルアクチュエータ 40 の両端部（ポンプ部 8A 及びポンプ部 8B）に、環状凹部 48 及び爪部 51 からなるリリースボタンを設けたことで、ワンタッチ操作で一対のフレキシブルアクチュエータ 40 の装着、取り外しを行うことができ、分解が容易な装置とすることができる。

さらに、ポンプ部 8A、8B を構成しているダイヤフラム 26 に加わっ

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 15 ·

た圧力による駆動電流の変化から圧力を検出し、しかもダイヤフラム 2 6 から音波が発生することを利用して可動部 6 の動作力及び変位を制御する ようにしているので、簡便な制御機構を提供することができる。

次に、図 5 に示すものは、第 2 実施形態の変形例を示す概念図である。

この変形例は、装置本体（例えば家庭用ロボットの本体）4 1 の内部に、 作動油 S を所定量溜めたリザーバ室 4 3 を設け、このリザーバ 4 3 室の作動油 S を、可動部 6 の 2 つの流体室 1 2 a、1 4 a にそれぞれ供給可能と している。ここで、リザーバ室 4 3 及び 2 つの流体室 1 2 a、1 4 a は、 ポンプ部 4 5 a、4 5 b を介装した配管 4 7 a、4 7 b と接続している。

上記構造にすると、ポンプ部 4 5 a、4 5 b の作動によりリザーバ室 4 3 の作動油 S を流体室 1 2 a、1 4 a に供給して内圧を高めることで、可動部 6 を硬直させることができる。これにより、ポンプ部 8 A、8 B の作動による動き（湾曲動作）とは別にアクチュエータ自体の剛性を上げ、例えればペットロボットが緊張している状態を表現することができる。

次に、図 6 に示すものは、第 3 実施形態のフレキシブルアクチュエータ 5 0 の横断面形状を示すものである。

本実施形態の可動部 5 2 は、軸部に可撓性を有する心材 5 4 が埋設され ており、その心材 5 4 の外周部に空間を設けた柔軟な弾性素材からなる中 空円筒部 5 2 a と、この中空円筒部 5 2 a 内の空間を長手方向に延びる第 1、第 2 及び第 3 の流体室 5 6 a、5 6 b、5 6 c の 3 つの空間に区画し ている 3 枚の隔壁 5 2 b が設けられている。そして、第 1、第 2 及び第 3 の流体室 5 6 a、5 6 b、5 6 c に、作動油 S が封入されている。なお、 心材 5 4 は、可動部 5 2 全体の長手方向の膨張を規制している。

また、3 枚の隔壁 5 2 b のそれぞれに、第 1、第 2、第 3 のポンプ部 5 8 a、5 8 b、5 8 c が配設されている。これら第 1、第 2、第 3 のポンプ部 5 8 a、5 8 b、5 8 c は、一方向に作動油 S を移動させる一方向流れポンプにより構成されている。すなわち、第 1 のポンプ部 5 8 a は、第 3 の流体室 5 6 c から第 1 の流体室 5 6 a に作動油 S を移動させ、第 2 の

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 16 ·

ポンプ部 5 8 a は、第 1 の流体室 5 6 a から第 2 の流体室 5 6 b に作動油 S を移動させ、第 3 のポンプ部 5 8 c は、第 2 の流体室 5 6 b から第 3 の流体室 5 6 c に作動油 S を移動させる。

上記構成のフレキシブルアクチュエータ 5 0 において可動部 5 2 を、第 5 1 のポンプ部 5 8 a を配設している隔壁 5 2 b に直交する方向（符号 M 1 方向）に湾曲させるには、ポンプ駆動部（図示せず）の駆動制御により第 1 のポンプ部 5 8 a を作動し、第 3 の流体室 5 6 c から第 1 の流体室 5 6 a に作動油 S を移動させて第 1 の流体室 5 6 a の内圧を高めるとともに、第 2 のポンプ部 5 8 b を作動し、第 2 の流体室 5 6 b 、第 3 の流体室 5 6 c の内圧を等しくする。このような制御を行うと、心材 5 4 に長手方向の膨張が規制された可動部 5 2 が、心材 5 4 を曲げながら符号 M 1 方向に湾曲変形していく。

また、可動部 5 2 を、第 2 のポンプ部 5 8 a を配設している隔壁 5 2 b に直交する方向（符号 M 2 方向）に湾曲させるには、第 2 のポンプ部 5 8 b を作動し、第 1 の流体室 5 6 a から第 2 の流体室 5 6 b に作動油 S を移動させて第 2 の流体室 5 6 b の内圧を高めるとともに、第 1 のポンプ部 5 8 a を作動し、第 3 の流体室 5 6 c 、第 1 の流体室 5 6 a の内圧を等しくする。

さらに、可動部 5 2 を、第 3 のポンプ部 5 8 c を配設している隔壁 5 2 b に直交する方向（符号 M 3 方向）に湾曲させるには、第 3 のポンプ部 5 8 c を作動し、第 2 の流体室 5 6 b から第 3 の流体室 5 6 c に作動油 S を移動させて第 3 の流体室 5 6 c の内圧を高めるとともに、第 2 のポンプ部 5 8 b を作動し、第 1 の流体室 5 6 a 、第 2 の流体室 5 6 b の内圧を等しくする。

25 このように、本実施形態のフレキシブルアクチュエータ 5 0 は、可動部 5 2 内に設けた 3 つの流体室 5 6 a 、 5 6 b 、 5 6 c のうち、 2 つの流体室間の作動油 S の移動を行うことが可能な一方向流れ方式の 3 つのポンプ部 5 8 a 、 5 8 b 、 5 8 c を配設し、それらポンプ部のうちの 1 つを作動

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

- 17 -

することで所定の流体室の内圧を下げ、他の1つの流体室の内圧を上げて可動部52を湾曲変形させるので、簡便な装置構成のフレキシブルアクチュエータを提供することができる。

次に、図7に示すものは、第3実施形態のフレキシブルアクチュエータ50を変形した第4実施形態を示すものである。

本実施形態は、可動部52内の所定の隔壁52bに、第1、第2、第3のポンプ部58a、58b、58cの駆動制御を行うポンプ駆動部10が埋め込まれている。

このように、可動部52内にポンプ駆動部10を配設することで作動油Sがポンプ駆動部10に常に接し、ポンプ駆動部60で発生する熱を作動油Sが奪ってポンプ駆動部10を冷却する効果を得ることができる。それとともに、ポンプ駆動部10を可動部52内に配設したことで、さらにコンパクトなフレキシブルアクチュエータ50を得ることができる。

次に、図8に示すものは、第5実施形態のフレキシブルアクチュエータ60を示すものである。なお、本実施形態も、他の実施形態で示した構成と同一部分には、同一符号を付してその説明を省略する。

本実施形態は、一本のフレキシブルアクチュエータ60であり、可動部62と、この可動部62の下端部に連結しており、ポンプ部64を内蔵しているベースユニット66と、ポンプ部64の駆動制御を行うポンプ駆動部10とを備えている。

可動部62は、複数の膨出部68aを有する細長形状のチューブ68と、このチューブ68の各膨出部68aを上下から挟み込む複数の隔壁部材70と、これら隔壁部材70の上下の並びを保持している心材72とを備えている。

チューブ68は、半透明で柔軟な弾性素材により形成されており、図9に示すように、長手方向に所定間隔をあけて設けた偏平な膨出部68aの間を縮径部68bが連通する構造としている。そして、各膨出部68aを本発明の流体室とし、これら膨出部68aを含めたチューブ68内に液状

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 18 ·

シリコン等の作動油 S が封入されている。

隔壁部材 7 0 は、合成樹脂等で形成した平面規矩形の箱型部材であり、図 1 0 に示すように、心材 7 2 に当接する側に設けた凹部 7 0 a にチューブ 6 8 の縮径部 6 8 b を挿入しながら、膨出部 6 8 a を上下の隔壁部材 7 0 が挟み込んでいる。なお、最上段の隔壁部材 7 2 の上部に配置した部材 5 は、合成樹脂等で形成したキャップ部材 7 3 である。

心材 7 2 は、図 1 1 に示すように、可撓性を有する例えば合成樹脂製の板状部材であり、複数のビス 7 4 を使用して各隔壁部材 7 0 を上下に間隔をあけて固定しているとともに、下端がベースユニット 6 6 に固定されて 10 いる。そして、ビス 7 4 を装着した心材 7 2 の全面には、シート状の柔軟素材（図示せず）を張っている。

ベースユニット 6 6 は、固定ねじ 7 6 を介して固定部（図示せず）に固定されており、このユニットに内蔵されているポンプ部 6 4 は、図 5 に示した装置本体 4 1 と類似した構成であり、チューブ 6 8 の下端開口部に接続しているとともに、作動油 S を所定量溜めたリザーバ室 6 5 にも接続している。そして、このポンプ部 6 4 は、リザーバ室 6 5 の作動油 S をチューブ 6 8 内に供給する動作、或いは、チューブ 6 8 内の作動油 S をリザーバ室 6 5 に戻す動作を行う。

ここで、ベースユニット 6 6 には、発光ダイオード等の発光素子及びフォトダイオード等の受光素子を備えた受発光部 8 0 が配設されており、この受発光部 8 0 に対して、チューブ 6 8 の膨出部 6 8 a を介して対面している最下部の隔壁部材 7 0 の下面位置に、ミラー等の反射部 8 2 が配設されている。そして、受発光部 8 0 は、反射部 8 2 に向けて発射した光の量（受光量）の検知情報を、隨時、ポンプ駆動部 1 0 に送るようになっている。

ポンプ駆動部 1 0 は、図 2 に示したポンプ駆動部に類似した構成の入力インタフェース回路、演算処理装置、記憶装置、出力インタフェース回路等を備えているが、記憶装置には、チューブ 6 8 内（流体室）の液圧の変

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 19 ·

化に応じて発生する可動部 6 2 の変位量の変動値が記憶テーブルとして記憶されているとともに、受発光部 8 0 から入力する受光量の変化に対応した可動部 6 2 の変位量も記憶テーブルとして記憶されている。そして、演算処理装置は、前述した記憶テーブルを参照してポンプ部 1 0 を駆動制御するための所定の演算処理を行うようになっている。

次に、上記構成の一対のフレキシブルアクチュエータ 6 0 の動作について説明する。

ポンプ駆動部 1 0 からフレキシブルアクチュエータ 6 0 のポンプ部 6 4 に対して制御電流を出力する。ポンプ部 6 4 が、リザーバ室 6 5 の作動油 S をチューブ 6 8 内に供給する動作を行うと、作動油 S がチューブ 6 8 の膨出部 6 8 a に流れ込み、各膨出部 6 8 a の容積が増大していく。各膨出部 6 8 a の容積が増大していくと、膨出部 6 8 a を上下から挟み込んでいる各隔壁部材 7 0 が上方に移動しながら心材 7 2 が屈曲していく、図 1 2 に示すように、フレキシブルアクチュエータ 6 0 全体が曲がった状態となる。逆に、ポンプ部 6 4 が、チューブ 6 8 内の作動油 S をリザーバ室 6 5 に戻す動作を行うと、チューブ 6 8 の膨出部 6 8 a の容積が減少していく、心材 7 2 の弾性復元力によって各隔壁部材 7 0 が元の位置に戻されていく。これにより、図 8 に示すように、フレキシブルアクチュエータ 6 0 は直立した状態となる。

この際、膨出部 6 8 a を上下から挟み込んでいる各隔壁部材 7 0 が上方に移動すると、受発光部 8 0 及び反射部 8 2 の相対角度と距離が変化してポンプ駆動部 1 0 に送られる受光量が減少する。ポンプ駆動部 1 0 の演算処理装置は、受光量と可動部 6 2 の変位量の記憶テーブルを参照して現在の可動部 6 2 の変位量を確認し、この変位量が目標値に達しているか判断する。そして、現在の可動部 6 2 の変位量が目標値に達していない場合には、ポンプ部 6 4 を作動させることで、チューブ 6 8 及びリザーバ室 6 5 間の作動油 S の流体移動を行う。そして、可動部 6 2 の変位量が目標値となった時点で、ポンプ部 6 4 の作動を停止する。

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 20 ·

上記構成のフレキシブルアクチュエータ 60 によると、ポンプ部 64 の作動によりチューブ 68 の膨出部 68a の容積を増大したり、減少することで各膨出部 68a を上下から挟み込んでいる各隔壁部材 70 を上下方向に移動し、心材 72 を屈曲させて可動部 62 を変形させるようにしている
5 ので、可動部 62 の動作速度を早くして機敏な動きをするフレキシブルアクチュエータとすることができます。

また、可動部 62 が変位している際に、受光発光部 80 は受光量が変化した情報をポンプ駆動部 10 に随時入力しており、ポンプ駆動部 10 は、受光量の変化に基づいて、可動部 62 が最適な変位量（変形の度合い）で
10 変形するように制御しているので、高精度に可動部 62 を動作させることができます。

なお、第 1 実施形態から第 5 実施形態において、圧力室内に封入されている作動油 S を、例えば電熱線等を用いた加熱手段で加温すると、生き物ののような温かみを感じるペットロボット用のフレキシブルアクチュエータ
15 を実現することができる。

また、音声認識を備えたフレキシブルアクチュエータ（例えばストップと言えば、湾曲動作が停止する構造）とすると、さらに、安全性を高めたフレキシブルアクチュエータを提供することができる。

20 産業上の利用可能性

可動部が、果物のように柔らかいものを把持するロボットハンドや、ペットボトルのように人間の回りで動物的な動作をしたりする場合には、先端の手にあたる部分が柔らかいアクチュエータであると、安全性、把持動作の適応性が高まる。このような安全性、把持動作の適応性を高めるためには、流体アクチュエータが適しているが、従来のポンプを内蔵しない流体アクチュエータでは、先端部までの圧力チューブが多数になり、腕等の動きが阻害されてしまっていた。また、流体としては、液体が圧縮性が無いため効率の面から望ましいが、従来の集中型ポンプでは管路にある流体

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 21 ·

量が多いため、漏れた際の被害が大きくなる懸念があった。特に、柔軟なアクチュエータでは、孔が開く可能性もあり、その対策が従来の技術では不可能であった。

このような従来の技術に対して、本発明に係るポンプ一体型フレキシブルアクチュエータは、可動部が対象物に対して押圧力を作用したり把持力を作用するときには、対象物に接する側のチューブを柔軟な弹性素材で形成すると、対象物を傷付けずに押圧したり把持することができる。

また、一定量の流体を溜めたりザーバ室と、このリザーバ室の流体を可動部の各流体室にそれぞれ供給制御する供給手段とを設けると、供給手段の作動によりリザーバ室の流体を流体室に供給して内圧を高めることで可動部が硬直するので、例えばペットロボットの部品として使用するときに、ポンプ部の作動による変形動作とは別に、ペットロボットが緊張している状態を表現することができる。また、液体吸収機能を有する外周被覆部材により湾曲可動部が被覆されているので、若し、湾曲可動部内から液体が漏れても外周被覆部材が吸収して外部に漏出することができない。

また、複数の流体室のそれぞれに圧力センサを配設する一方、ポンプ駆動部は、圧力センサの検出結果に基づいて現在の前記可動部の動作力を演算し、前記ポンプ部の駆動を制御するようにすると、流体室の流体を圧力センサが検知し、この圧力情報に基づいて可動部が最適な動作力で動くよう制御するので、高精度に可動部を動作させることができる。

また、複数の流体室内で音波を発生する音波発生器と、音波を検出する音波センサを配設する一方、ポンプ駆動部は、音波センサの検出結果に基づいて現在の前記可動部の変位量を演算し、前記ポンプ部の駆動を制御するようにすると、流体室内で発生している音波伝達時間若しくは音波位相を音波センサが検知し、これらの情報に基づいて可動部が最適な変位で動くよう制御するので、高精度に可動部を動作させることができる。

また、可動部の互いに対向する位置に、発光部及び受光部、若しくは、受発光部及び反射部を配設し、前記受光部、若しくは前記受発光部の検出

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 22 ·

結果に基づいて現在の前記可動部の動作力を演算し、前記ポンプ部の駆動を制御すると、発光部及び受光部、若しくは、受発光部及び反射部を利用して可動部の動作力及び変位を制御するので、簡便な制御機構を提供することができる。

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 23 ·

請 求 の 範 囲

1. 流体を封入した少なくとも 2 つの流体室を具備し、これら流体室間の流体移動を行うことで前記流体室形状が変形して動作する可動部と、この可動部に一体に連結し、前記複数の流体室間の流体移動を行うポンプ部と、このポンプ部の駆動を制御するポンプ駆動部と、を備えたことを特徴とするポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。
2. 流体を封入した少なくとも 2 つの流体室が並列に配置されており、これら流体室間の流体移動を行うことで変形する可動部と、この可動部に一体に連結し、前記複数の流体室間の流体移動を行うポンプ部と、このポンプ部の駆動を制御するポンプ駆動部と、を備えたことを特徴とする請求項 1 記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。
3. 前記可動部は、流体を収容した内部を流体室とした変形自在な細長形状のチューブを少なくとも 1 つ配置し、前記チューブに並列して、前記チューブの長手方向の膨張を規制する可撓性の心材を介在した構成としたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。
4. 前記可動部は、流体を収容した内部を流体室とした膨張・収縮自在な細長形状のチューブを少なくとも 2 つ互いに並列に配置し、これらチューブの間に各チューブの長手方向の膨張を規制する可撓性の心材を介在した構成としたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。
5. 前記可動部が対象物に対して押圧力を作用したり把持力を作用するときに、前記対象物に接する側の前記チューブを、柔軟な弾性素材で形成したことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。
6. 前記ポンプ部を、柔軟な素材で被覆したことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 24 ·

7. 前記流体室に封入されている流体を液体とし、前記可動部の外周を液体吸収機能を有する外周被覆部材で被覆したことを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

5 8. 前記複数の流体室のうちの所定の流体室の内圧が異常に上昇したときに、全ての流体室の間を連通して前記所定の流体室の内圧を下げる減圧機構を備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

10 9. 前記心材を、前記ポンプ部と前記ポンプ駆動部との間に接続した信号線又は電気配線により構成したことを特徴とする請求項 3 乃至 8 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

10 10. 液体を封入した前記可動部内に、前記液体と接触する前記ポンプ駆動部を配設したことを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

15 11. 一定量の流体を溜めたりザーバ室と、このリザーバ室の前記流体を前記可動部の各流体室にそれぞれ供給制御する供給手段とを設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 10 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

20 12. 前記可動部の長手方向の両端部に 2 つの前記ポンプ部を一体に連結し、これらポンプ部で前記複数の流体室間の流体移動を同時に行うこととする請求項 1 乃至 11 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

25 13. 一対の可動部を直列に接続するときに、一方の可動部のポンプ部及び他方の可動部のポンプ部どうしが接続部となるように、これらポンプ部に着脱自在な接続部を形成したことを特徴とする請求項 1 2 記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

14. 前記ポンプ部は、前記可動部の端部との間にポンプ流体室を画成しているダイヤフラムを備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 13 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

- 25 -

1 5. 前記ダイヤフラムに圧電素子が積層されていることを特徴とする請求項 1 4 記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

1 6. 前記ポンプ部は、前記ポンプ流体室を介した一方のチューブの流体室及び他方のチューブの流体室の流体移動方向を設定するバルブ部を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 1 5 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

1 7. 前記ポンプ部を、前記流体室の数と同数の一方向流れ方式ポンプで構成し、各流体室は、室内の流体を他の流体室に移動させる一方向流れ方式ポンプと、他の流体室から前記室内に流体を移動してくる別の一方向流れ方式ポンプとに連通していることを特徴とする請求項 1 乃至 1 5 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

1 8. 前記複数の流体室のそれぞれに圧力センサを配設する一方、前記ポンプ駆動部は、前記圧力センサの検出結果に基づいて現在の前記可動部の動作力を演算し、前記ポンプ部の駆動を制御するようにしたことを特徴とする請求項 1 乃至 1 7 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

1 9. 前記複数の流体室内で音波を発生する音波発生器と、前記音波を検出する音波センサを配設する一方、前記ポンプ駆動部は、前記音波センサの検出結果に基づいて現在の前記可動部の変位量を演算し、前記ポンプ部の駆動を制御するようにしたことを特徴とする請求項 1 乃至 1 8 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

2 0. 前記ポンプ部は、ポンプ流体室を画成しているダイヤフラムを具備し、一定電圧を付加した前記ダイヤフラムに圧力が加わったときに発生する電流変化を前記ポンプ駆動部に入力し、当該ポンプ駆動部は、電流変化の検出結果に基づいて現在の前記可動部の動作力を演算し、前記ポンプ部の駆動を制御するようにしたことを特徴とする請求項 1 乃至 1 9 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

2 1. 前記ポンプ部は、ポンプ流体室を画成しているダイヤフラムを具備

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

· 26 ·

し、前記複数の流体室に、前記ダイヤフラムで発生する音波を検出する音波センサを配設する一方、前記ポンプ駆動部は、前記音波センサの検出結果に基づいて現在の前記可動部の変位量を演算し、前記ポンプ部の駆動を制御するようにしたことを特徴とする請求項 1 乃至 20 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

22. 前記ポンプ駆動部は、検出した音波及び圧力から前記可動部の動作力及び変位を演算するテーブルを有することを特徴とする請求項 19 乃至 21 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

23. 前記可動部の互いに対向する位置に、発光部及び受光部、若しくは、受発光部及び反射部を配設し、前記受光部、若しくは前記受発光部の検出結果に基づいて現在の前記可動部の動作力を演算し、前記ポンプ部の駆動を制御するようにしたことを特徴とする請求項 1 乃至 22 の何れかに記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

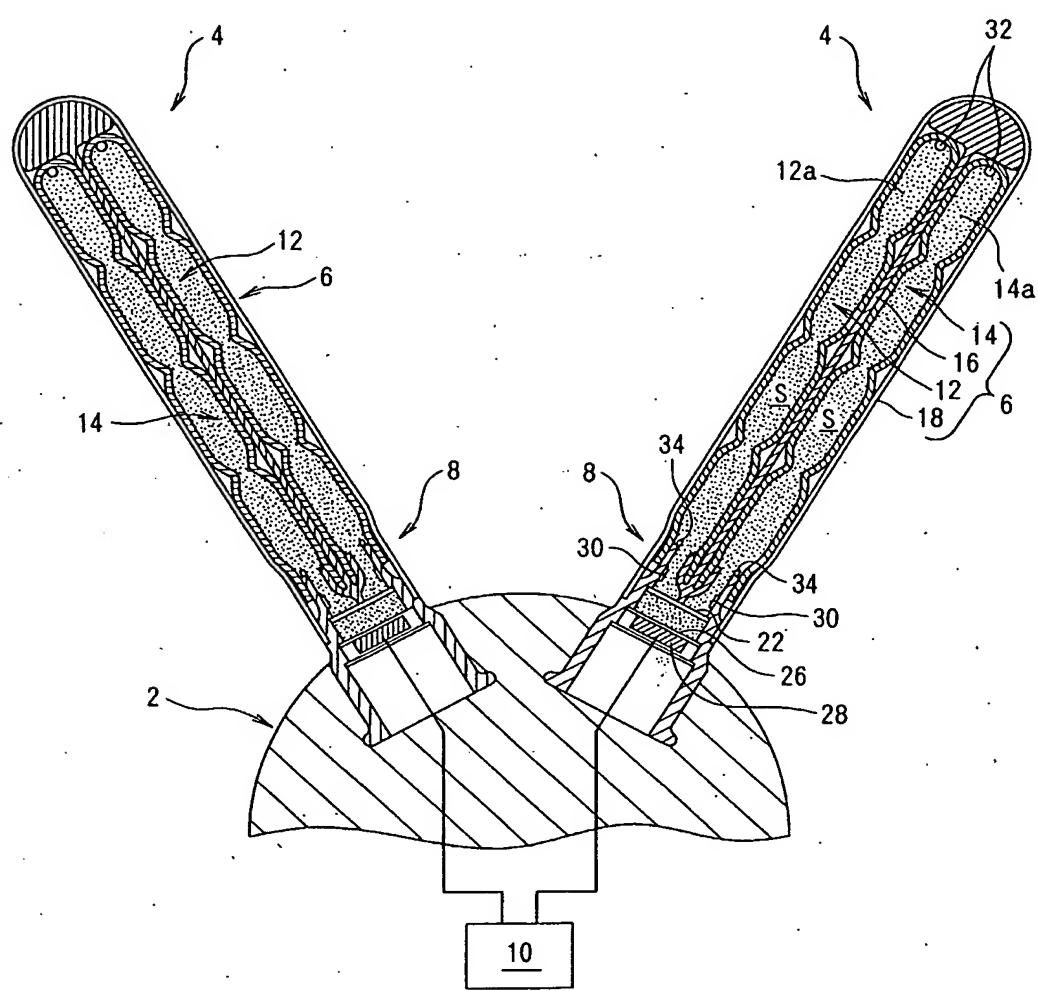
24. 前記ポンプ駆動部は、前記受光部、若しくは前記受発光部が検出した光量から前記可動部の動作力及び変位を演算するテーブルを有することを特徴とする請求項 23 に記載のポンプ一体型フレキシブルアクチュエータ。

WO 01/72479

PCT/JP01/01660

1/9

Fig.1

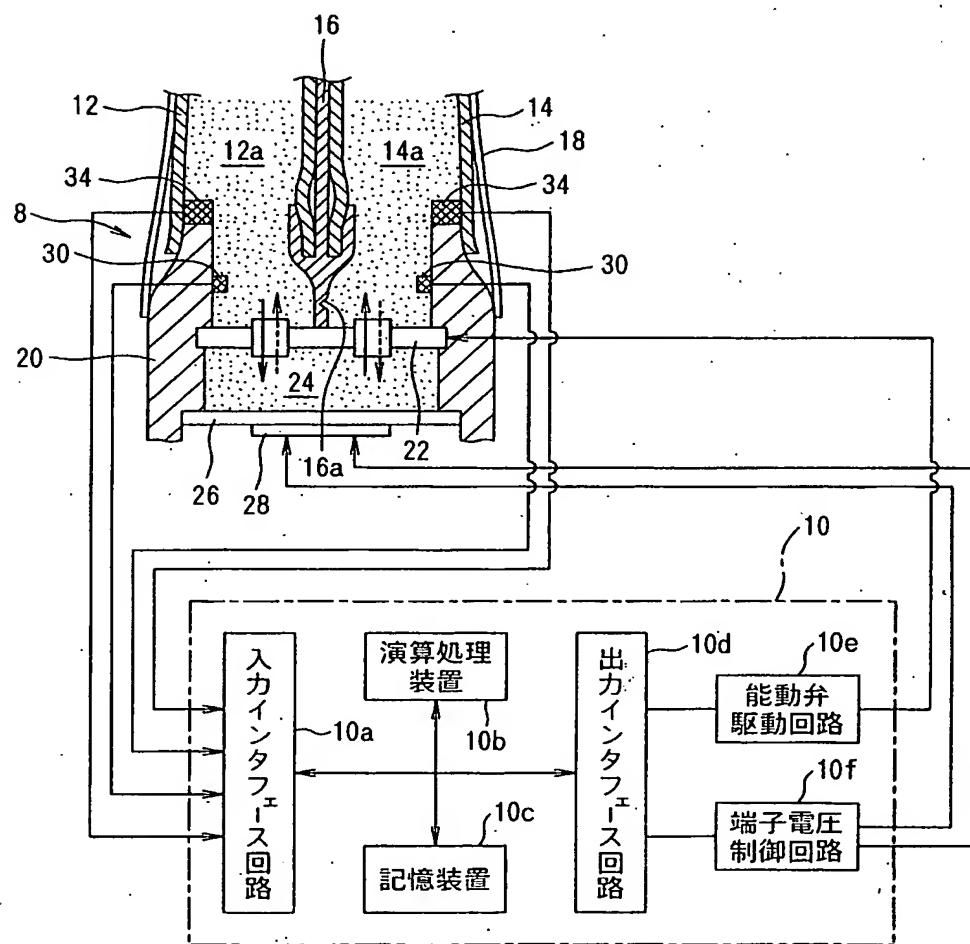


WO 01/72479

PCT/JP01/01660

2/9

Fig.2

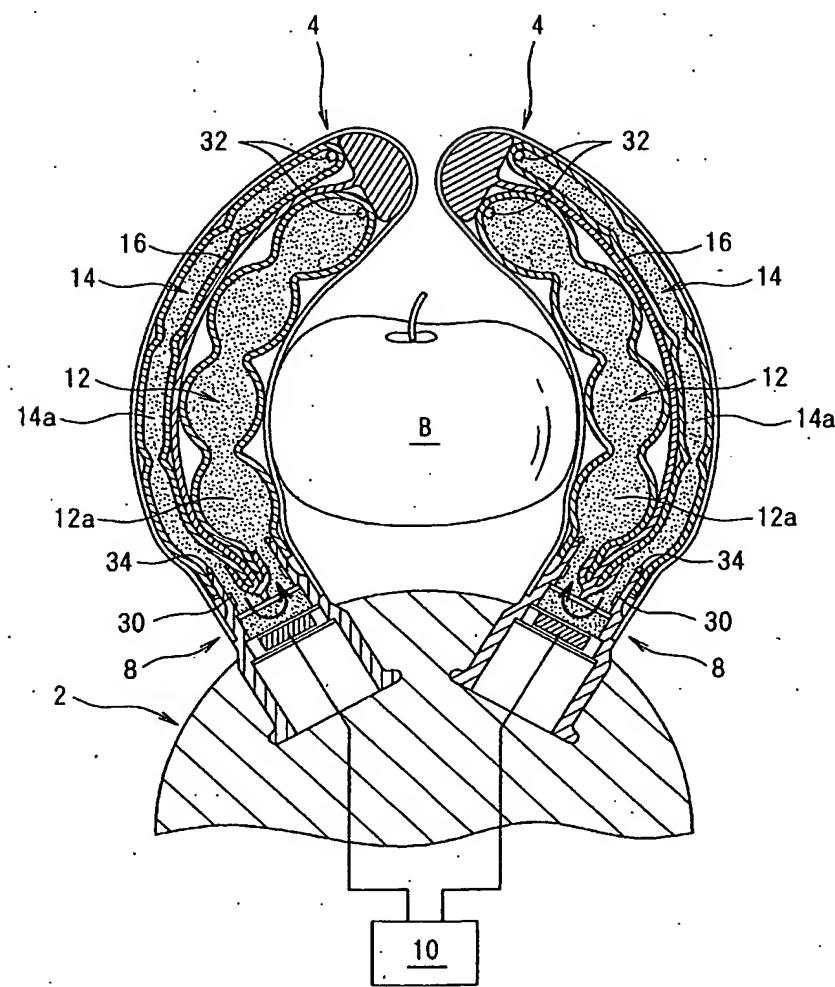


WO 01/72479

PCT/JP01/01660

3/9

Fig.3

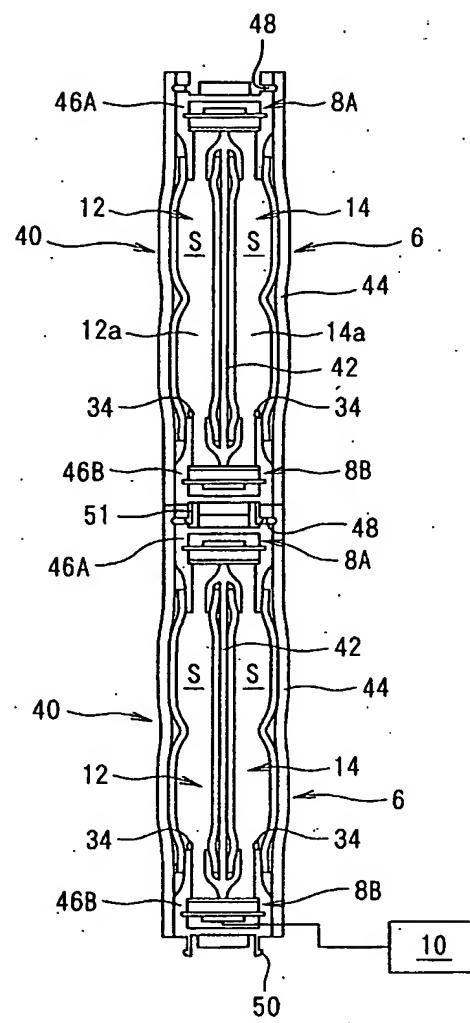


WO 01/72479

PCT/JP01/01660

4/9

Fig.4



WO 01/72479

PCT/JP01/01660

5/9

Fig.5

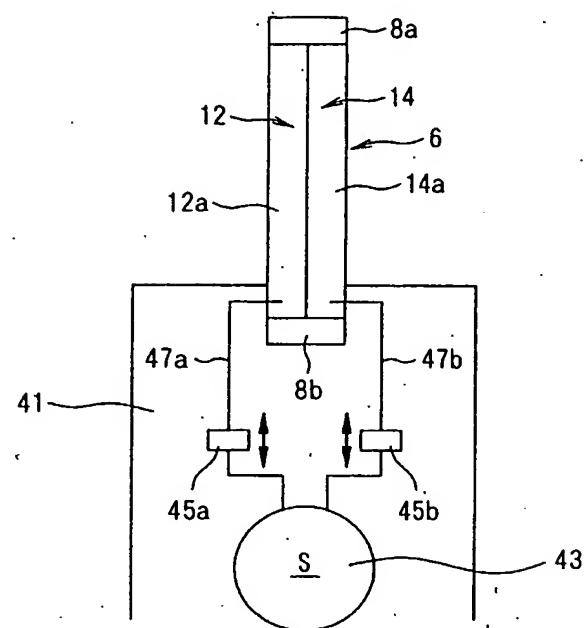
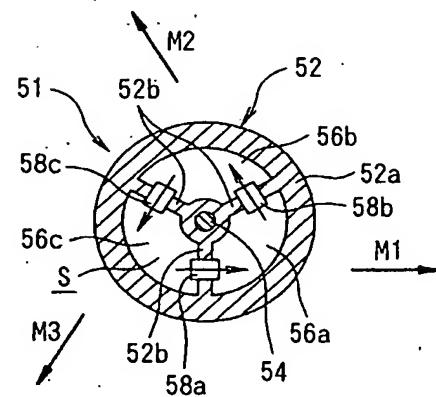


Fig.6



WO 01/72479

PCT/JP01/01660

6/9

Fig.7

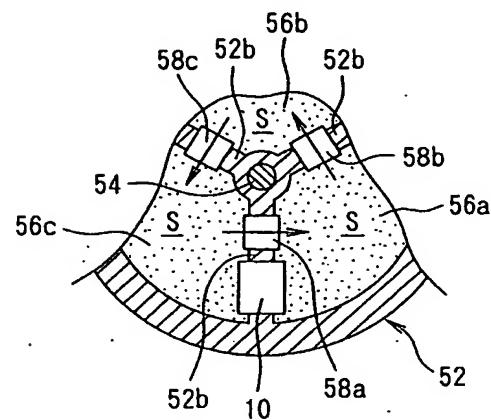
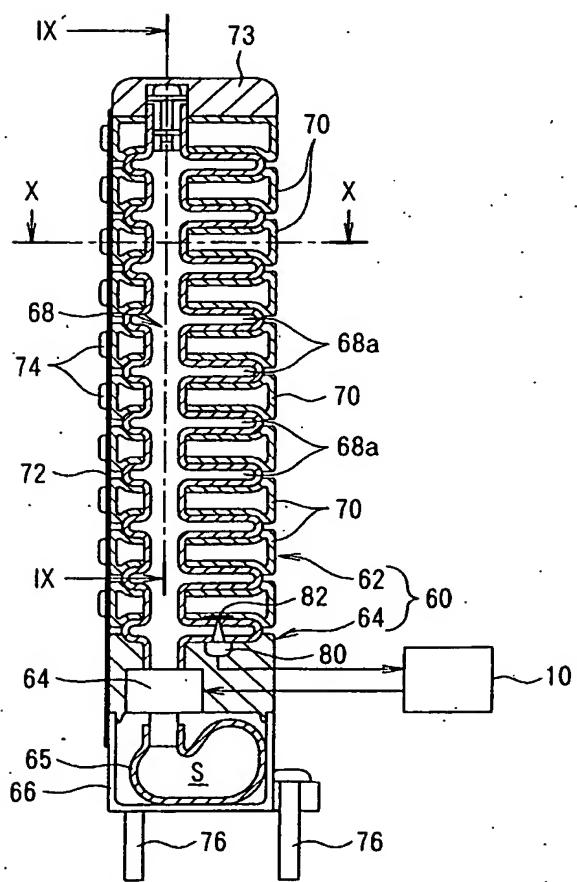


Fig.8



WO 01/72479

PCT/JP01/01660

7/9

Fig.9

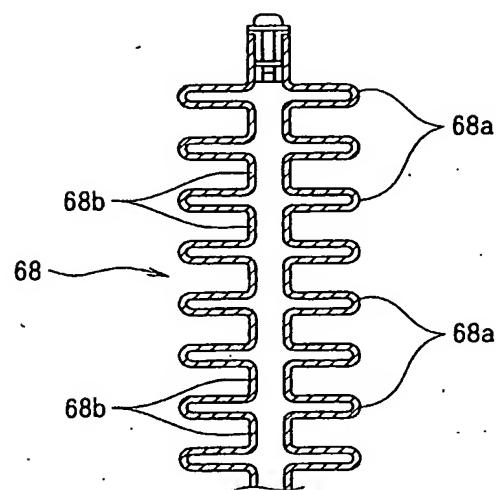
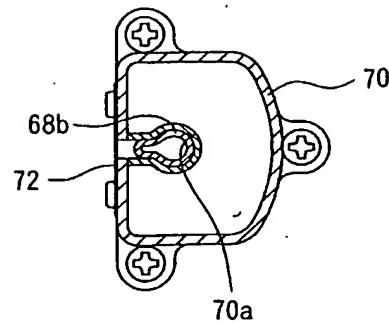


Fig.10

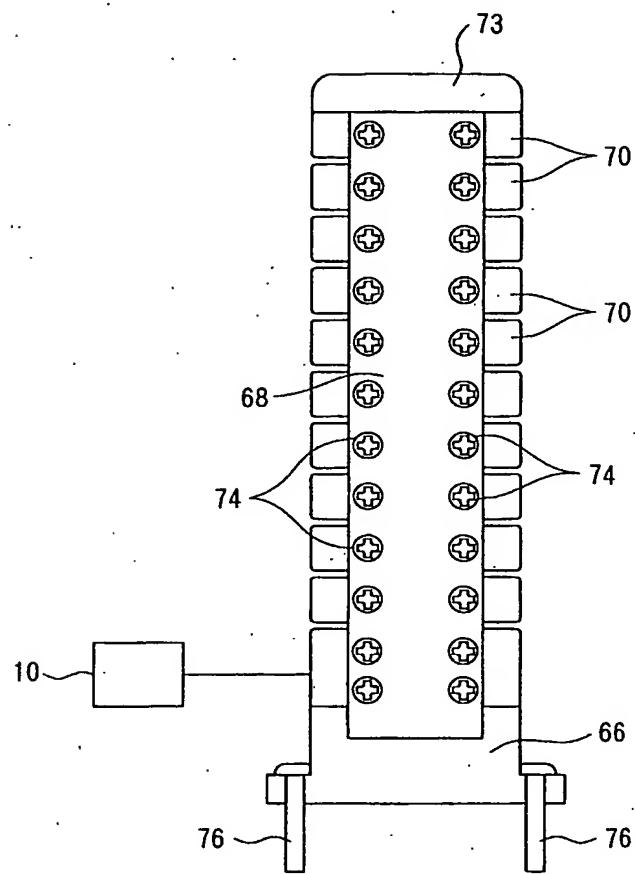


WO 01/72479

PCT/JP01/01660

8/9

Fig.11

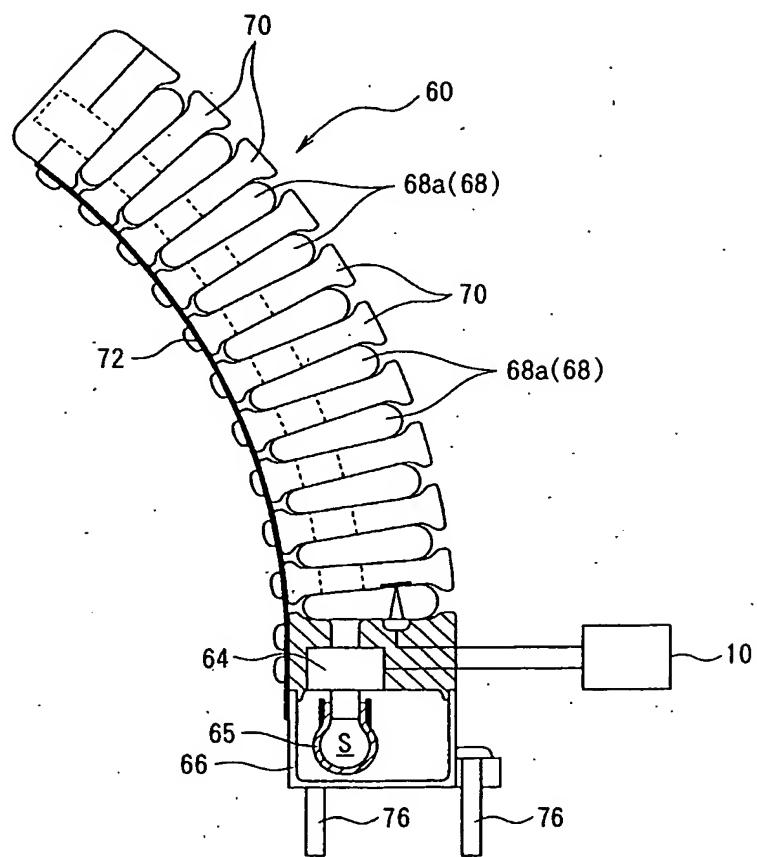


WO 01/72479

PCT/JP01/01660

9/9

Fig.12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/01660

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ B25J15/08, F15B15/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ B25J15/08, F15B15/00-15/28Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 4-111792, A (Toshiba Corporation), 13 April, 1992 (13.04.92), Claims; Figs. 1 to 5 & US, 5385080, A & EP, 437792, A1	1-8, 10, 11, 14-20 9, 12, 13, 21-24
Y	JP, 2-17204, A (Daiichi Denki K.K.), 22 January, 1990 (22.01.90), A Claims; Fig. 1 (Family: none)	1-8, 10, 11, 14-20 9, 12, 13, 21-24
Y	JP, 5-280500, A (Ricoh Company, Ltd.), 26 October, 1993 (26.10.93), A Par. Nos. [0022] to [0028]; Figs. 3 to 6 (Family: none)	1-8, 10, 11, 14-20 9, 12, 13, 21-24
Y	JP, 5-508352, A (Audun HAUGS), 25 November, 1993 (25.11.93), A Claims; Figs. 7 to 8 & WO, 90/15697, A1 & EP, 478542, A1	3-8, 10, 11, 14-20 9, 12, 13, 21-24
Y	JP, 10-220412, A (Sanwa Seiki Co., Ltd.), 21 August, 1998 (21.08.98), A Par. No. [0011]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	11, 14-20 12, 13, 21-24
A		

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

“A”	Special categories of cited documents: document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“T”	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“E”	earlier document but published on or after the international filing date	“X”	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“L”	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“Y”	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“O”	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	“&”	document member of the same patent family
“P”	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		

Date of the actual completion of the international search 29 May, 2001 (29.05.01)	Date of mailing of the international search report 05 June, 2001 (05.06.01)
--	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
--	--------------------

Facsimile No.	Telephone No.
---------------	---------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/01660

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 4-370407, A (Toshiba Corporation), 22 December, 1992 (22.12.92), Claims; Figs. 1 to 2 (Family: none)	14-20
A		21-24
Y	JP, 61-140603, A (Bridgestone Corporation), 27 June, 1986 (27.06.86), Claims; Figs. 1 to 2 & US, 5052273, A	14-20
A		21-24
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No.128367/1982 (Laid-open No.32706/1984) (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 29 February, 1984 (29.02.84), Claims of Utility Model; Figs. 1, 3 (Family: none)	19-20
A		21-24
Y	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No.66189/1993 (Laid-open No.32203/1995) (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 16 June, 1995 (16.06.95), Claims of Utility Model; Fig. 1 (Family: none)	19-20
A		21-24
A	JP, 1-203704, A (Olympus Optical Company Limited), 16 August, 1989 (16.08.89), Claims; Figs. 1 to 2 & US, 5090259, A	13-24
A	JP, 61-157806, A (Bridgestone Corporation), 17 July, 1986 (17.07.86), page 3, upper right column, line 7 to lower left column, line 15; Fig. 1 (Family: none)	23-24

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP01/01660																			
<p>A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))</p> <p>Int. C1' B25J15/08, F15B15/18</p>																					
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))</p> <p>Int. C1' B25J15/08, F15B15/00-15/28</p>																					
<p>最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <table> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1926-1996</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2001</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2001</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2001</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1926-1996	日本国公開実用新案公報	1971-2001	日本国登録実用新案公報	1994-2001	日本国実用新案登録公報	1996-2001										
日本国実用新案公報	1926-1996																				
日本国公開実用新案公報	1971-2001																				
日本国登録実用新案公報	1994-2001																				
日本国実用新案登録公報	1996-2001																				
<p>国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)</p>																					
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求の範囲の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>JP, 4-111792, A (株式会社東芝), 13. 4月. 1992 (13. 04. 92), 特許請求の範囲, 第1-5図</td> <td>1-8,10,11,14-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>& US,5385080,A & EP,437792,A1</td> <td>9,12,13,21-24</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP, 2-17204, A (第一電気株式会社), 22. 1月. 1990 (22. 01. 90), 特許請求の範囲, 第1図 (ファミリーなし)</td> <td>1-8,10,11,14-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>9,12,13,21-24</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP, 5-280500, A (株式会社リコー), 26. 10月. 1993 (26. 10. 93), 段落【002】～【002】</td> <td>1-8,10,11,14-20</td> </tr> </tbody> </table>				引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	Y	JP, 4-111792, A (株式会社東芝), 13. 4月. 1992 (13. 04. 92), 特許請求の範囲, 第1-5図	1-8,10,11,14-20	A	& US,5385080,A & EP,437792,A1	9,12,13,21-24	Y	JP, 2-17204, A (第一電気株式会社), 22. 1月. 1990 (22. 01. 90), 特許請求の範囲, 第1図 (ファミリーなし)	1-8,10,11,14-20	A		9,12,13,21-24	Y	JP, 5-280500, A (株式会社リコー), 26. 10月. 1993 (26. 10. 93), 段落【002】～【002】	1-8,10,11,14-20
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号																			
Y	JP, 4-111792, A (株式会社東芝), 13. 4月. 1992 (13. 04. 92), 特許請求の範囲, 第1-5図	1-8,10,11,14-20																			
A	& US,5385080,A & EP,437792,A1	9,12,13,21-24																			
Y	JP, 2-17204, A (第一電気株式会社), 22. 1月. 1990 (22. 01. 90), 特許請求の範囲, 第1図 (ファミリーなし)	1-8,10,11,14-20																			
A		9,12,13,21-24																			
Y	JP, 5-280500, A (株式会社リコー), 26. 10月. 1993 (26. 10. 93), 段落【002】～【002】	1-8,10,11,14-20																			
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。																			
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p> <p>の日の後に公表された文献</p> <p>「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p>																					
国際調査を完了した日 29. 05. 01		国際調査報告の発送日 05.06.01																			
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 田村 耕作  3C 9821 電話番号 03-3581-1101 内線 3322																			

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP01/01660
C(続き)		関連すると認められる文献
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	8】、第3-6図(ファミリーなし)	9,12,13,21-24
Y	JP, 5-508352, A (アウダン、ハウグス), 25. 11 月. 1993 (25. 11. 93), 特許請求の範囲, 第7-8図	3-8,10,11,14- 20
A	& WO,90/15697,A1 & EP,478542,A1	9,12,13,21-24
Y	JP, 10-220412, A (三輪精機株式会社), 21. 8 月. 1998 (21. 08. 98), 段落【0011】、第1-2	11,14-20
A	図(ファミリーなし)	12,13,21-24
Y	JP, 4-370407, A (株式会社東芝), 22. 12月. 1 992 (22. 12. 92), 特許請求の範囲, 第1-2図(ファ ミリーなし)	14-20
A		21-24
Y	JP, 61-140603, A (株式会社ブリヂストン), 27. 6月. 1986 (27. 06. 86), 特許請求の範囲, 第1-2	14-20
A	図 & US,5052273,A	21-24
Y	日本国実用新案登録出願57-128367号(日本国実用新案登 録出願公開59-32706号)の願書に添付した明細書及び図面 の内容を撮影したマイクロフィルム(日立建機株式会社), 29. 2月. 1984 (29. 02. 84), 実用新案登録請求の範囲, 第1、3図(ファミリーなし)	19-20
A		21-24
Y	日本国実用新案登録出願5-66189号(日本国実用新案登録出 願公開7-32203号)の願書に添付した明細書及び図面の内容 を記録したCD-ROM(住友金属工業株式会社), 16. 6月. 1995 (16. 06. 95), 実用新案登録請求の範囲, 第1図 (ファミリーなし)	19-20
A		21-24
A	JP, 1-203704, A (オリンパス光学工業株式会社), 1 6. 8月. 1989 (16. 08. 89), 特許請求の範囲, 第1 -2図 & US,5090259,A	13-24
A	JP, 61-157806, A (株式会社ブリヂストン), 17. 7月. 1986 (17. 07. 86), 第3頁右上欄第7行~左下 欄第15行, 第1図(ファミリーなし)	23-24